

## Method of measuring the quality of a storage battery during electrical discharge of the storage battery

**Publication number:** EP1116958

**Publication date:** 2001-07-18

**Inventor:** MEISSNER EBERHARD DR (DE); BRAEUNINGER SIGMAR DR (DE)

**Applicant:** VB AUTOBATTERIE GMBH (DE)

**Classification:**

- **International:** G01R31/36; G01R31/36; (IPC1-7): G01R31/36

- **European:** G01R31/36V1

**Application number:** EP20000124029 20001104

**Priority number(s):** DE20001000729 20000111

**Also published as:**

US6448776 (B2)  
US2001033170 (A1)  
EP1116958 (A3)  
DE10000729 (A1)

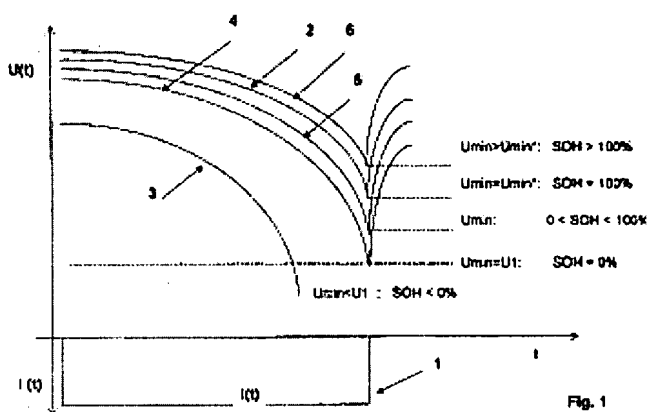
**Cited documents:**

EP0004382  
DE3213516  
JP11014719

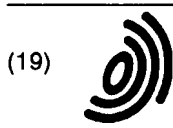
[Report a data error here](#)

### Abstract of EP1116958

The method involves electrically loading the battery. A current profile ( $I(t)$ ) or a power profile is provided as function of time ( $t$ ), which is actually or hypothetically applied to the battery. The voltage ( $U(t)$ ) of the battery is determined or calculated. The battery is assigned a 'state of health' (SOH), which is obtained from the difference between the lowest ( $U_{min}$ ) or highest voltage during the loading and a voltage limit ( $U_1$ ). The voltage limit is lowest or highest allowed voltage at any time.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 116 958 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
18.07.2001 Patentblatt 2001/29

(51) Int Cl.7: G01R 31/36

(21) Anmeldenummer: 00124029.0

(22) Anmeldetag: 04.11.2000

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:  
• Melssner, Eberhard, Dr.  
31515 Wunstorf (DE)  
• Bräuninger, Sigmar, Dr.  
88709 Meersburg (DE)

(30) Priorität: 11.01.2000 DE 10000729

(74) Vertreter: Kaiser, Dieter Ralf, Dipl.-Ing.  
Patentassessor,  
Frankenallee 22  
65779 Kelkheim (DE)

(71) Anmelder: VB Autobatterie GmbH  
30419 Hannover (DE)

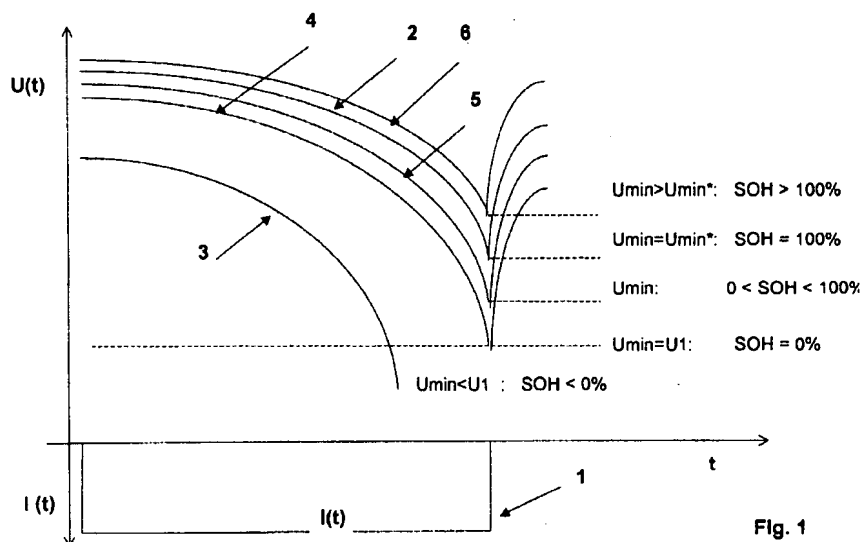
(54) Verfahren zur Messung der Gebrauchstüchtigkeit einer Speicherbatterie bei elektrischer Belastung der Speicherbatterie

(57) Bei einem Verfahren zur Messung der Gebrauchstüchtigkeit einer Speicherbatterie bei elektrischer Belastung der Speicherbatterie, wird

a) ein Belastungsprofil (Stromprofil  $I(t)$  oder Leistungsprofil  $P(t)$ ) als Funktion der Zeit  $t$  vorgegeben, mit welchem die Speicherbatterie tatsächlich oder hypothetisch beaufschlagt wird

b) die Spannungsantwort  $U(t)$  der Speicherbatterie auf dieses Belastungsprofil registriert oder rechnerisch ermittelt

c) der Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert "SOH" zugeordnet, der sich nach der Differenz zwischen dem niedrigsten {höchsten} Spannungswert  $U_{min}$  ( $U_{max}$ ) während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil und einem Spannungsgrenzwert  $U_1$  bemisst, wobei  $U_1$  ein Spannungswert ist, der zu keiner Zeit  $t$ , während die Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil beaufschlagt wird, von der Spannung  $U(t)$  unterschritten {überschritten} werden darf.



EP 1 116 958 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der Gebrauchstüchtigkeit einer Speicherbatterie bei elektrischer Belastung der Speicherbatterie.

[0002] Für den Anwender von Batterien ist es von besonderer Bedeutung, den Ladezustand und die Hochstrombelastbarkeit der Batterien zu kennen. Beispielsweise sind für die Fähigkeit einer Starterbatterie, ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor zu starten, der Ladezustand und der Alterungszustand, bzw. der sich abzeichnende Kapazitätsverfall der Batterie maßgeblich, da dadurch die der Starterbatterie entnehmbare Stromstärke bzw. deren Leistungsabgabe begrenzt wird. Von besonderer Bedeutung ist die Ermittlung des Ladezustandes bzw. der Startfähigkeit einer Batterie in den Fällen, in denen beispielsweise intermittierender Motorbetrieb vorliegt, da dann in den Motorstillstandzeiten das Bordnetz des Fahrzeuges mit seinen Verbrauchern weiter betrieben wird, allerdings der Generator keinen Strom erzeugt. Die Überwachung des Ladezustandes und der Startfähigkeit der Batterie muss in solchen Fällen gewährleisten, dass der Energieinhalt der Batterie stets ausreichend bleibt, um den Motor noch zu starten.

[0003] Zur Messung des Ladezustandes von Akkumulatoren sind die verschiedensten Verfahren bekannt. In vielen Fällen werden integrierende Messgeräte benutzt (Ah-Zähler), wobei der Ladestrom gegebenenfalls unter Bewertung mit einem festen Ladefaktor berücksichtigt wird. Da die nutzbare Kapazität einer Batterie stark von der Größe des Entladestroms und der Temperatur abhängig ist, kann auch mit solchen Verfahren keine zufriedenstellende Aussage über die der Batterie noch entnehmbare nutzbare Kapazität getroffen werden.

[0004] Aus der DE-PS 2242510 ist es beispielsweise bekannt, bei einem Verfahren zur Messung des Ladezustandes den Ladestrom mit einem von der Temperatur und vom Ladezustand der Batterie selbst abhängigen Faktor zu bewerten.

[0005] Der DE-OS 4007883 ist ein Verfahren zu entnehmen, bei dem die Startfähigkeit eines Akkumulators durch Messung von Akkumulatorspannung und Batterietemperatur und Vergleich mit einer für den zu prüfenden Batterietyp geltenden Ladezustandskurvenschar ermittelt wird.

[0006] Der DE-OS 19543874 ist ein Berechnungsverfahren für die Entladecharakteristik und Restkapazitätsmessung einer Batterie zu entnehmen, bei welchem ebenfalls Strom, Spannung und Temperatur gemessen wird, wobei die Entladungscharakteristik durch eine mathematische Funktion mit gekrümmter Oberfläche angenähert wird.

[0007] Die DE-PS 3901680 beschreibt ein Verfahren zur Überwachung der Kaltstartfähigkeit einer Starterbatterie, bei dem die Starterbatterie zeitweise mit einem Widerstand belastet wird, die Spannung die am Widerstand abfällt gemessen wird und daraus im Vergleich mit Erfahrungswerten festgestellt wird, ob die Kaltstartfähigkeit der Batterie noch ausreicht. Zur Belastung der Starterbatterie dient dabei der Anlassvorgang.

[0008] Schließlich ist der DE-OS 4339568 ein Verfahren zur Ermittlung des Ladezustandes einer Kraftfahrzeug-Starterbatterie zu entnehmen, bei dem Batteriestrom und Ruhespannung gemessen werden und aus diesen auf den Ladezustand geschlossen wird, wobei zusätzlich auch die Batterietemperatur berücksichtigt wird. Dabei werden die während verschiedener Zeiträume gemessenen Ladeströme miteinander verglichen und daraus eine Restkapazität ermittelt.

[0009] Allerdings reicht die Feststellung des Ladezustandes nicht immer aus, insbesondere da beispielsweise zu berücksichtigen ist, dass bei einer stark gealterten Batterie trotz hinreichenden Ladezustands bei Belastung die Spannung zusammenbricht und somit die Gebrauchsfähigkeit der Batterie nicht gewährleistet ist.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es, eine über die Feststellung des Ladezustands hinausgehende Kenngröße der Batterie zu ermitteln, aus der sich auf die Gebrauchstüchtigkeit der Batterie schließen lässt.

[0011] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 genannten Merkmale gelöst. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Verfahrens angegeben.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren ermittelt die Gebrauchstüchtigkeit SOH (state of health) einer elektrischen Speicherbatterie für einen speziellen Anwendungsfall als eine Funktion mit stetigem Wertebereich, wobei sich der ermittelte Wert durch Vergleich der Spannung der Speicherbatterie bei Belastung mit einem konkreten Belastungsprofil mit einem Grenzwert für diese Spannung sowie gegebenenfalls mit einem Sollwert (Neuwert) ergibt.

[0013] Eine abgestufte Quantifizierung der Gebrauchstüchtigkeit mit einem stetigen Wertebereich einer Messgröße SOH geht über eine rein binäre Aussage

- die Leistungsfähigkeit reicht noch aus, um betriebsbestimmte Funktion zu erfüllen, oder
- die Leistungsfähigkeit reicht nicht mehr dazu aus deutlich hinaus. Die ständige Bestimmung dieser stetigen Messgröße und die Beobachtung der zeitlichen Veränderung ihres Wertes ermöglichen weiterhin die Verwendung mathematischer Verfahren wie der Bildung von Mittelwerten, der zeitlichen Differenzierung, der Bestimmung von Wendepunkten, der Errechnung von Trends etc., was bei diskreten Aussagen zur Verfügbarkeit einer Speicherbatterie nicht möglich ist.

**[0014]** Das erfindungsgemäße Verfahren bewertet die Gebrauchstüchtigkeit einer elektrischen Speicherbatterie nicht pauschal, sondern konkret für einen speziellen Anwendungsfall. Denn eine Speicherbatterie kann für eine anspruchsvolle Anwendung mit hoher Leistungsanforderung oder mit Leistungsanforderungen unter ungünstigen Betriebsbedingungen (wie z.B. niedrigen Temperaturen oder niedrigem Ladezustand) bereits nicht mehr geeignet sein (d.h. das Ende ihrer Gebrauchsdauer ist erreicht), während sie für eine weniger anspruchsvolle Anwendungen noch durchaus geeignet ist. Diese differenzierte Betrachtung der Gebrauchstüchtigkeit stellt die jeweilige Funktion sicher und vermeidet gleichzeitig einen vorzeitigen und damit unnötigen Austausch der Speicherbatterie.

**[0015]** Eine typische Anwendung von Speicherbatterien ist die Belastung mit einem elektrischen Strom  $I(t)$  oder einer elektrischen Leistung  $P(t)$ , wobei die Belastung entweder in Lade- oder Entladerichtung wirken kann, oder sogar beide Stromrichtungen umfassen kann, und ihr Wert eine Funktion der Zeit  $t$  ist. Dieses für den konkreten Anwendungsfall charakteristische Belastungsprofil  $I(t)$  bzw.  $P(t)$  wird erfindungsgemäß als Kriterium zur Quantifizierung der Verfügbarkeit verwendet.

**[0016]** Unter der Belastung  $I(t)$  bzw.  $P(t)$  ändert sich die Spannung der Speicherbatterie, und zwar zu höheren Werten bei Ladung und zu niedrigeren Werten bei Entladung. Die technisch zulässigen oder sinnvollen Spannungswerte sind jedoch begrenzt, und zwar nach oben durch die maximale Ladespannung des Akkumulators (die im Einzelfall u.a. von dessen Bauart, Temperatur und Ladezustand abhängt) sowie nach unten durch die Funktionsfähigkeit der Komponente ( $n$ ), die von der Speicherbatterie mit elektrischer Leistung versorgt werden.

**[0017]** Im folgenden wird meist eine Belastung der Speicherbatterie in Entladerichtung betrachtet. Die Erfindung ist allerdings nicht darauf beschränkt, sondern umfasst selbstverständlich Belastungen in Laderichtung sowie Kombinationen von Lade- und Entladebelastungen.

**[0018]** Im Falle der Entladung gibt es eine untere Spannungsschwelle  $U_1$ , die auch unter Last  $I(t)$  bzw.  $P(t)$  nicht unterschritten werden darf, um die Funktionssicherheit einer Komponente zu gewährleisten.

**[0019]** Gebrauchsfähig im Sinne der Erfindung ist also eine Speicherbatterie, deren Spannung unter dieser Last zu jeder Zeit höher liegt als  $U_1$ . Der kleinste sich unter dieser Last einstellende Spannungswert wird mit  $U_{min}$  bezeichnet.

**[0020]** Erreicht  $U_{min}$  gerade den Schwellwert  $U_1$ , ohne ihn zu unterschreiten, so wird der Speicherbatterie der Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH = 0$  zugeordnet.

**[0021]** Insbesondere eine neuwertige Batterie hat einen minimalen Spannungswert  $U_{min} = U_{min}^*$  unter dieser Last, der größer ist als  $U_1$ :  $U_{min}^* > U_1$ . Andernfalls wäre diese Batterie selbst im Neuzustand ungeeignet für die konkrete Anwendung. Einer Speicherbatterie mit minimalen Spannungswert  $U_{min}^*$  unter der Last wird der Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH = 1$  (oder alternativ 100%) zugeordnet.

**[0022]** Für Speicherbatterien mit anderen minimalen Spannungswert  $U_{min}$  unter der definierten Last  $I(t)$  bzw.  $P(t)$  wird allgemein folgende Gebrauchstüchtigkeit zugeordnet:

$U_{min} > U_{min}^*$	$SOH > 1$
$U_{min} = U_{min}^*$	$SOH = 1$
$U_1 < U_{min} < U_{min}^*$	$0 < SOH < 1$
$U_1 = U_{min}$	$SOH = 0$
$U_1 > U_{min}$	$SOH < 0$

wobei die Skalierung der Einfachheit halber linear nach folgendem Schema erfolgen kann, ohne dass dadurch andere, nichtlineare Skalierungen von der Erfindung ausgeschlossen würden:

$$SOH = (U_{min} - U_1) / (U_{min}^* - U_1)$$

**[0023]** Diese Zusammenhänge sind schematisch in der Figur 1 dargestellt, in der Kurve 1 ein bestimmtes Stromprofil  $I(t)$ , Kurve 2 das Verhalten einer neuwertigen Batterie, Kurve 3 das Verhalten einer nicht mehr gebrauchstüchtigen Batterie, Kurve 4 das Verhalten einer grenzwertigen Batterie und Kurve 5 das Verhalten einer noch nicht geschädigten aber nicht mehr neuwertigen Batterie darstellt. Kurve 6 stellt das Verhalten einer Batterie dar, das besser ist als das einer für diesen Zweck eigentlich bestimmten Batterie.

**[0024]** Die Spannungsschwelle  $U_1$  wird im allgemeinen ein für die konkrete Anwendung konstanter Wert sein. Die minimalen Spannungswerte  $U_{min}$  einer beliebigen und  $U_{min}^*$  einer neuen Batterie unter der definierten Last  $I(t)$  bzw.  $P(t)$  hängen dagegen insbesondere von der Temperatur und vom Ladezustand der Batterie ab. Es ist deshalb Teil dieser Erfindung, diese Abhängigkeiten ebenfalls zu quantifizieren, und den Verfügbarkeitswert, der der Speicherbatterie zugewiesen wird, auf eine Nenn-Temperatur  $T_0$  und einen Nenn-Ladezustand  $SOC_0$  zu beziehen, und gegebenenfalls Umrechnungen vom aktuellen Zustand ( $T$ ,  $SOC$ ) auf den Nenn-Zustand ( $T_0$ ,  $SOC_0$ ) oder umgekehrt vorzunehmen.

**[0025]** Weiterhin ist es Teil der Erfindung, Zusammenhänge zwischen einerseits der sich unter dem Lastprofil  $I(t)$  bzw.  $P(t)$  einstellenden Spannung, insbesondere der minimalen Spannung  $U_{min}$ , und andererseits der Temperatur  $T$  sowie dem Ladezustand der Batterie SOC zu nutzen, um so  $U_{min}$  zu erhalten und damit einen Gebrauchstüchtigkeitswert SOH zu errechnen, der sich auf einen beliebigen Zustand ( $T$ , SOC) bezieht, ohne dass aktuell die Batterie mit dem Lastprofil  $I(t)$  bzw.  $P(t)$  elektrisch beaufschlagt wird. Dadurch ist es möglich, eine aktuelle Aussage zu SOH zu erhalten.

**[0026]** Insbesondere kann - ohne dass sich die Erfindung ausschließlich auf diese Vorgehensweise beschränkt - für die Spannungsantwort  $U(t)$  der Batterie auf die Strombelastung  $I(t)$  der lineare Ansatz

$$U(t) = U_0(SOC, T) - R_i(SOC, T) \times I(t)$$

verwendet werden.

**[0027]** Setzt man nun  $U_{min} = \text{Minimum} \{ U(t) \}$  (Minimum  $\{ U(t) \}$  steht für den kleinsten Spannungswert aus  $U(t)$ , der sich durch Einsetzen von  $I(t)$  ergibt, so erhält man einen Wert für SOH.

**[0028]** Durch diese Vorgehensweise ist die Ermittlung der Gebrauchstüchtigkeit einer Speicherbatterie erfindungsgemäß zurückgeführt auf die Messung des Ladezustandes SOC, des dynamischen Innenwiderstandes  $R_i$ , und der Temperatur der betrachteten Speicherbatterie.

**[0029]** Es ist somit nicht erforderlich, die Batterie tatsächlich mit dem Lastprofil  $I(t)$  zu beaufschlagen, auf das sich die Angabe der Gebrauchstüchtigkeit der Batterie bezieht.

**[0030]** Es ist weiterhin nicht erforderlich, die Speicherbatterie in den Ladezustand zu versetzen oder auf die Temperatur zu bringen, auf die sich die Angabe der Gebrauchstüchtigkeit der Batterie bezieht.

**[0031]** Die vorstehenden Erläuterungen beziehen sich auf den Fall einer reinen Entladebelastung.

**[0032]** Im Falle einer reinen Ladebelastung wird analog vorgegangen, an die Stelle von  $U_{min}$  tritt  $U_{max}$ , und die Relationszeichen "<" bzw. ">" werden passend vertauscht.

**[0033]** Besteht die Belastung aus Lade- und Entladebelastungen im Wechsel, so kann schrittweise für jeden Abschnitt einzeln vorgegangen werden. Die Gebrauchstüchtigkeit der Batterie für das gesamte Belastungsprofil ist dann der kleinste der für die einzelnen Abschnitte des Belastungsprofils erhaltenen einzelnen Gebrauchstüchtigkeits-Werte.

**[0034]** In einer Ausführungsform der Erfindung wird

a) ein Belastungsprofil in Form eines Stromprofils  $I(t)$  oder eines Leistungsprofils  $P(t)$  als Funktion der Zeit  $t$  vorgegeben, mit welchem die Speicherbatterie beaufschlagt wird

b) die Spannungsantwort  $U(t)$  der Speicherbatterie auf dieses Belastungsprofil registriert

c) ein Spannungsgrenzwert  $U_1$  vorgegeben, der zu keiner Zeit  $t$ , während die Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil beaufschlagt wird, von der Spannung  $U(t)$  unterschritten {überschritten} werden darf

d) der Speicherbatterie der Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH = "0"$  zugeordnet, wenn der Spannungsgrenzwert  $U_1$  während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil zu mindestens einem Zeitpunkt  $t_1$  erreicht wird, dieser Spannungsgrenzwert  $U_1$  aber nie unterschritten {überschritten} wird

e) der Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert "SOH" zugeordnet, der sich nach der Differenz zwischen dem niedrigsten {höchsten} Spannungswert  $U_{min}$  { $U_{max}$ } während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil und dem Spannungsgrenzwert  $U_1$  bemisst:

$$SOH = f ( U_{min} - U_1 ) \quad \{ SOH = f ( U_{max} - U_1 ) \}$$

**[0035]** Weiterhin wird einer Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH = 100\%$  zugeordnet, bei der der niedrigste {höchste} Spannungswert  $U_{min}$  {  $U_{max}$  } während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil gleich dem Wert Spannungswert  $U_{min}^* \{ U_{max}^* \}$  ist, der sich bei Beaufschlagung einer baufrischen, für diese Anwendung typischen und geeigneten (d.h. es gilt  $U_{min}^* > U_1 \{ \text{bzw. } U_{max}^* < U_1 \}$  - ansonsten ist die Batterietype für das betrachtete Belastungsprofil ungeeignet) Speicherbatterie ergibt.

**[0036]** Einer Speicherbatterie wird ein Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH < 0\%$  zugeordnet, bei der der Spannungsgrenzwert  $U_1$  zu mindestens einem Zeitpunkt unterschritten { überschritten } wird, und dieser Wert SOH sich nach der Differenz zwischen dem niedrigsten { höchsten } Spannungswert während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil und dem Spannungsgrenzwert  $U_1$  bemisst:

$$SOH = f ( U_{min} - U_1 ) \quad \{ SOH = f ( U_{max} - U_1 ) \}$$

**[0037]** Allgemein ergibt sich der einer Speicherbatterie zugeordnete Gebrauchstüchtigkeitswert SOH nach folgender Formel: (Formel 1)

$$\text{SOH} = (U_{\min} - U_1) / (U_{\min}^* - U_1) \quad \{\text{SOH} = (U_{\max} - U_1) / (U_{\max}^* - U_1)\};$$

wobei  $(U_{\min}^* - U_1)$  { bzw.  $(U_{\max}^* - U_1)$  } ein Sollwert ist, der sich aus dem Verhalten einer für diese Anwendung typischen und geeigneten (d.h. es gilt  $U_{\min}^* > U_1$  { bzw.  $U_{\max}^* < U_1$  } - ansonsten ist die Batterietype für das betrachtete Belastungsprofil ungeeignet) Speicherbatterie ergibt.

**[0038]** In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung wird einer Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert SOH zugeordnet wird, der sich nicht durch Messung des Kleinst-Wertes  $U_{\min}$  {des Größt-Wertes  $U_{\max}$ } durch tatsächliche elektrische Beaufschlagung der Speicherbatterie mit einem Strombelastungsprofil  $I(t)$  oder einem Leistungsbelastungsprofil  $P(t)$  nach Anspruch 1 a), sondern durch Berechnung des Kleinst-Wertes  $U_{\min}$  {des Größt-Wertes  $U_{\max}$ } aus zuvor gemessenen, berechneten oder geschätzten Werten eines oder mehrerer der Größen Ruhespannung der Batterie  $U_0$ , Ladezustand der Batterie SOC, Temperatur der Batterie  $T$ , Widerstand der Batterie  $R_i$  und Einsetzen dieses Wertes in die im vorigen Absatz genannte Formel 1 ergibt.

**[0039]** Es kann auch einer Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert SOH zugeordnet werden, der sich nicht durch Messung des Kleinst-Wertes  $U_{\min}$  {des Größt-Wertes  $U_{\max}$ } durch tatsächliche elektrische Beaufschlagung der Speicherbatterie mit einem Entlade-Strombelastungsprofil  $I(t)$  (mit  $I < 0$ ) nach Anspruch 1 a), sondern durch Berechnung des Kleinst-Wertes  $U_{\min}$  durch Einsetzen der Beziehung

$$U_{\min} = \text{Minimum} \{ U(t) \} \quad \text{mit} \quad U(t) = U_0(\text{SOC}, T) + R_i(\text{SOC}, T) \times I(t)$$

in Formel 1 ergibt.

**[0040]** Dabei steht  $R_i$  für den von Ladezustand SOC und Temperatur  $T$  der Batterie abhängenden dynamische Innenwiderstand der Speicherbatterie,  $U_0$  für die von Ladezustand SOC und Temperatur  $T$  der Batterie abhängenden Ruhespannung der Speicherbatterie, und  $\text{Minimum} \{ U(t) \}$  steht für den kleinsten Spannungswert, der sich durch Einsetzen von  $I(t)$  ergibt.

**[0041]** Schließlich kann einer Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert SOH zugeordnet werden, der sich nicht durch Messung des Kleinst-Wertes  $U_{\min}$  durch tatsächliche elektrische Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Entlade-Leistungsbelastungsprofil  $P(t)$  (mit  $P < 0$ ) ergibt, sondern durch Berechnung durch Einsetzen der Beziehung

$$U_{\min} = \text{Minimum} \{ U(t) \}$$

mit

$$U(t) = \frac{U_0(\text{SOC}, T)}{2} + \sqrt{\frac{(U_0(\text{SOC}, T))^2}{4} - R_i(\text{SOC}, T) \times P(t)}$$

in Formel 1 ergibt:

**[0042]** Dabei steht  $R_i$  für den von Ladezustand SOC und Temperatur  $T$  der Batterie abhängenden dynamische Innenwiderstand der Speicherbatterie,  $U_0$  für die von Ladezustand SOC und Temperatur  $T$  der Batterie abhängenden Ruhespannung der Speicherbatterie, und  $\text{Minimum} \{ U(t) \}$  steht für den kleinsten Spannungswert, der sich durch Einsetzen von  $P(t)$  ergibt.

**[0043]** Es ist auch möglich, einer Speicherbatterie einen Gebrauchstüchtigkeitswert SOH zuzuordnen, der sich auf einen derzeit nicht vorliegenden, hypothetischen Betriebszustand der Speicherbatterie bezieht, der sich vom derzeitigen Betriebszustand zumindest im Ladezustand SOC oder in der Temperatur  $T$  unterscheidet, wobei

- a) der Innenwiderstand, der Ladezustand, die Ruhespannung und die Temperatur der Speicherbatterie gemessen oder abgeschätzt werden,
- b) die so erhaltenen Werte verwendet werden, um die Ruhespannung der Speicherbatterie zu berechnen oder abzuschätzen,
- c) eine Korrektur der Ruhespannung  $U_0$  und des Innenwiderstandes  $R_i$  entsprechend der in einem Speicherbaustein abgelegten funktionalen Zusammenhänge  $U_0(\text{SOC}, T)$  und  $R_i(\text{SOC}, T)$  im Hinblick auf den hypothetischen

Betriebszustand (SOC,T) erfolgt,

d) daraus eine Spannungsantwort  $U(t)$  auf ein Strombelastungsprofil  $I(t)$  oder ein Leistungsbelastungsprofil  $P(t)$  berechnet wird;

e) daraus die Gebrauchstüchtigkeitswert SOH der Batterie ermittelt wird.

**[0044]** In einer anderen Ausgestaltung treten anstelle eines Spannungs-Grenzwertes  $U_1$ , der nie unterschritten wird, ein oder mehrere Spannungs-Grenzwerte  $U_{1i}$  ( $i = 1, \dots$ ), die zwar für jeweils eine Zeitdauer von  $\max \tau_i$  unterschritten werden dürfen, nicht aber für eine Dauer  $> \tau_i$ . Dann wird nicht nur die Relation von  $U_{\min}$  und  $U_{1i}$  zur Ermittlung von SOH verwendet, sondern die Zeitdauer  $\tau$  bewertet, für die gegebenenfalls  $U_{\min} < U_{1i}$  liegt. Für  $\tau > \tau_i$  wird ein Wert  $SOH_i > 0$  ermittelt, für  $\tau = \tau_i$  ein Wert  $SOH_i = 0$ , und für  $\tau < \tau_i$  ein Wert  $SOH_i < 0$ . Es können auch andere Grenzwertpaare  $(U_{1i}, \tau_i)$  festgelegt und für diese ein  $SOH_i$  berechnet werden. Der Speicherbatterie wird dann das Minimum dieser Werte  $SOH_i$  als SOH zugewiesen.

**[0045]** Mit dem so ermittelten Gebrauchstüchtigkeitswert SOH wird in Anhängigkeit von diesem Wert eine Maßnahme im Zusammenhang mit der mit der Speicherbatterie verbundenen Anlage eingeleitet wird, wie z.B.

- eine Information an den Betreiber der Anlage
- eine Änderung in der Betriebsführung der Anlage
- ein Notbetrieb der Anlage
- eine Außerbetriebnahme der Anlage.

**[0046]** Oder es wird ein Gebrauchstüchtigkeitswert SOH ermittelt und in Anhängigkeit von diesem Wert sowie gegenwärtigen oder in der Zukunft erwarteten, durch Ladezustand SOC und Temperatur T der Batterie gekennzeichneten Betriebszuständen, eine Maßnahme im Zusammenhang mit der mit der Speicherbatterie verbundenen Anlage eingeleitet wird, wie zum Beispiel

- eine Information an den Betreiber der Anlage
- eine Änderung in der Betriebsführung der Anlage
- ein Notbetrieb der Anlage
- eine Außerbetriebnahme der Anlage.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Gebrauchstüchtigkeit einer Speicherbatterie bei elektrischer Belastung der Speicherbatterie, dadurch gekennzeichnet, dass

a) ein Belastungsprofil (Stromprofil  $I(t)$  oder Leistungsprofil  $P(t)$ ) als Funktion der Zeit  $t$  vorgegeben wird, mit welchem die Speicherbatterie tatsächlich oder hypothetisch beaufschlagt wird

b) die Spannungsantwort  $U(t)$  der Speicherbatterie auf dieses Belastungsprofil registriert oder rechnerisch ermittelt wird

c) der Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert "SOH" zugeordnet wird, der sich nach der Differenz zwischen dem niedrigsten (höchsten) Spannungswert  $U_{\min}$  ( $U_{\max}$ ) während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil und einem Spannungsgrenzwert  $U_1$  bemisst, wobei  $U_1$  ein Spannungswert ist, der zu keiner Zeit  $t$ , während die Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil beaufschlagt wird, von der Spannung  $U(t)$  unterschritten (überschritten) werden darf.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Speicherbatterie der Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH = "0"$  zugeordnet wird, wenn der Spannungsgrenzwert  $U_1$  während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil zu mindestens einem Zeitpunkt  $t_1$  erreicht wird, dieser Spannungsgrenzwert  $U_1$  aber nie unterschritten (überschritten) wird, und einer Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH = 100\%$  zugeordnet wird, bei der der niedrigste (höchste) Spannungswert  $U_{\min}$  ( $U_{\max}$ ) während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Belastungsprofil gleich dem Wert Spannungswert  $U_{\min}^* \{ U_{\max}^* \}$  ist, der sich bei Beaufschlagung einer baufrischen, für diese Anwendung typischen und geeigneten Speicherbatterie ergibt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass einer Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH < 0\%$  zugeordnet wird, bei der der Spannungsgrenzwert  $U_1$  zu mindestens einem Zeitpunkt unterschritten (überschritten) wird, und ein Gebrauchstüchtigkeitswert  $SOH > 100\%$  zugeordnet wird, bei der der niedrigste (höchste) Spannungswert  $U_{\min}$  ( $U_{\max}$ ) während der Beaufschlagung der Speicherbatterie mit dem Bela-

stungsprofil größer {kleiner} als der Spannungswert  $U_{min}^* \{ U_{max}^* \}$  ist, der sich bei Beaufschlagung einer baufrischen, für diese Anwendung typischen und geeigneten Speicherbatterie ergibt.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass einer Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitwert SOH zugeordnet wird, die sich nach folgender Formel ergibt:

$$SOH = (U_{min} - U_1) / (U_{min}^* - U_1) \{ SOH = (U_{max} - U_1) / (U_{max}^* - U_1) \};$$

wobei  $(U_{min}^* - U_1)$  {bzw.  $(U_{max}^* - U_1)$ } ein Sollwert ist, der sich aus dem Verhalten einer für diese Anwendung typischen und geeigneten Speicherbatterie ergibt.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass einer Speicherbatterie ein Gebrauchstüchtigkeitwert SOH zugeordnet wird, der sich durch Berechnung des Kleinst-Wertes  $U_{min}$  {des Größt-Wertes  $U_{max}$ } aus zuvor gemessenen, berechneten oder geschätzten Werten eines oder mehreren der Größen Ruhespannung der Batterie  $U_0$ , Ladezustand der Batterie SOC, Temperatur der Batterie T, Widerstand der Batterie  $R_i$  ergibt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Berechnung des Kleinst-Wertes  $U_{min}$  die Beziehung

$$U_{min} = \text{Minimum} \{ U(t) \} \quad \text{mit} \quad U(t) = U_0(SOC, T) + R_i(SOC, T) \times I(t)$$

verwendet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5., dadurch gekennzeichnet, dass zur Berechnung des Kleinst-Wertes  $U_{min}$  die Beziehung

$$U_{min} = \text{Minimum} \{ U(t) \}$$

mit

$$U(t) = \frac{U_0(SOC, T)}{2} + \sqrt{\frac{(U_0(SOC, T))^2}{4} - R_i(SOC, T) \times P(t)}$$

verwendet wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Korrektur der Ruhespannung  $U_0$  und des Innenwiderstandes  $R_i$  entsprechend der in einem Speicherbaustein abgelegten funktionalen Zusammenhänge  $U_0(SOC, T)$  und  $R_i(SOC, T)$  im Hinblick auf den hypothetischen Betriebszustand (SOC, T) erfolgt.



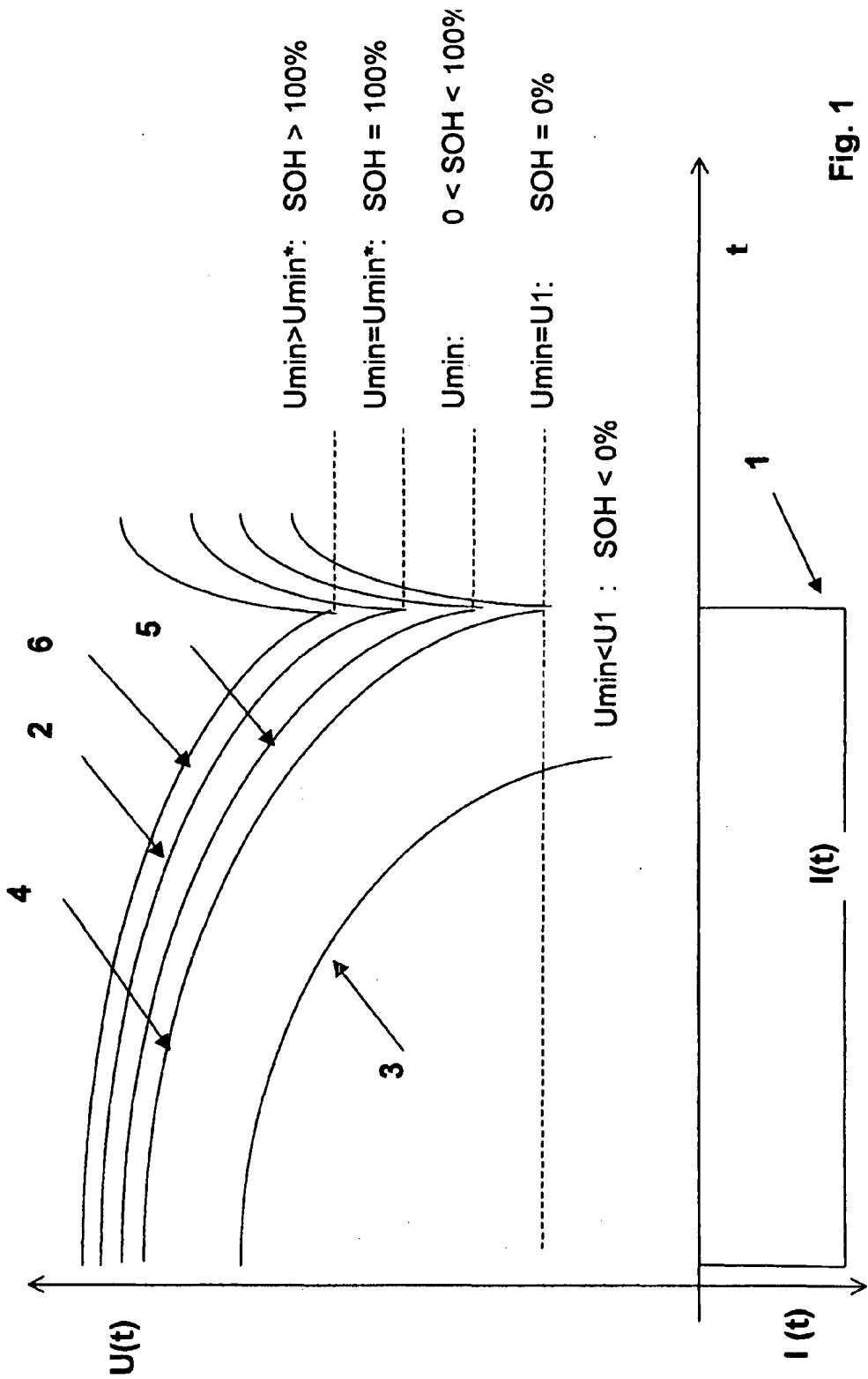


Fig. 1